

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

G02F 1/133

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00106769.9

[43]公开日 2000 年 10 月 18 日

[11]公开号 CN 1270326A

[22]申请日 2000.4.12 [21]申请号 00106769.9

[30]优先权

[32]1999.4.12 [33]JP [31]103422/1999

[71]申请人 松下电器产业株式会社

地址 日本国大阪府

[72]发明人 岩井义夫 山口久典 关目智明

樱井芳自 小川铁

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

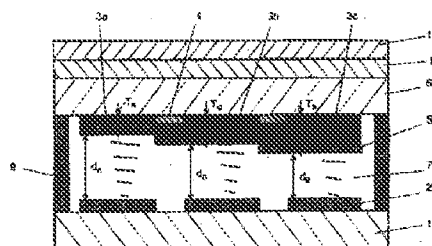
代理人 李 翔

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图页数 9 页

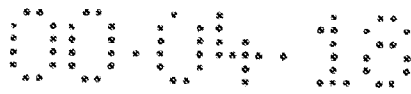
[54]发明名称 反射式彩色液晶显示装置

[57]摘要

为了使 $(\alpha * d_R * \Delta n_R + Re_R) / \lambda_R$ 、 $(\alpha * d_G * \Delta n_G + Re_G) / \lambda_G$ 和 $(\alpha * d_B * \Delta n_B + Re_B) / \lambda_B$ 具有恒定的值,通过改变液晶层厚度、折射率各向异性或者延迟片的延迟减少红色、绿色和蓝色各点的相位差偏离,其中 d_R 、 d_G 和 d_B 构成像素的红、绿和蓝各点的液晶层厚度; λ_R 、 λ_G 和 λ_B 经过各点的可见光波长; Δn_R 、 Δn_G 和 Δn_B 液晶层折射率的各向异性; Re_R 、 Re_G 和 Re_B 延迟片的延迟; α 扭曲系数。因此实现了白光和半色调显示下较低的对比度损失和彩色化。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种包含至少一个像素的反射彩色 LCD，每个像素包含红点、绿点和蓝点，其特征在于每个点包括：

具有内表面的第一基片；

具有面向所述第一基片内表面的内表面的第二基片和一个外表面；

插在所述第一与第二基片之间的液晶层；

形成于所述第一基片内表面的反射层；

位于所述反射层与第二基片之间的彩色滤光层；

位于所述第二基片外表面上的偏振片；以及

位于所述第二基片外表面或者位于所述反射层与所述第二基片之间的延迟片，其中所述反射彩色液晶显示装置满足：

$$0.9 \leq ((\alpha * d_R * \Delta n_R + Re_R) / \lambda_R) \leq ((\alpha * d_G * \Delta n_G + Re_G) / \lambda_G) \leq 1.1 \quad (3); \text{ 以及}$$

$$0.9 \leq ((\alpha * d_B * \Delta n_B + Re_B) / \lambda_B) \leq ((\alpha * d_G * \Delta n_G + Re_G) / \lambda_G) \leq 1.1 \quad (4);$$

其中 d_R 、 d_G 和 d_B ：构成像素的红、绿和蓝各点的液晶层厚度； λ_R 、 λ_G 和 λ_B ：经过各点的可见光波长； Δn_R 、 Δn_G 和 Δn_B ：当可见光波长为 λ_R 、 λ_G 和 λ_B 时液晶层折射率的各异向性； Re_R 、 Re_G 和 Re_B ：延迟片和延迟层之一的延迟；以及 α ：依赖于液晶层内液晶分子扭曲角的系数，当扭曲角为零时 $\alpha = 1$ 而当扭曲角为 45° 时 $\alpha = 0.69$ 。

2. 如权利要求 1 所述的反射彩色液晶显示装置，其特征在于液晶层厚度 d_R 、 d_G 和 d_B 互不相等。

3. 如权利要求 2 所述的反射彩色液晶显示装置，其特征在于各点的彩色滤光层具有一定的厚度，各点包含第一求和，它等于液晶层厚度加上彩色滤光层厚度，其中各点的第一求和互相相等。

4. 如权利要求 2 所述的反射彩色液晶显示装置，其特征在于进一步包含位于所述第一和第二基片之一上的各点的内层绝缘薄膜，所述内层绝缘薄膜各点具有一定的厚度，各点包含第二求和，它等于所述内层绝缘薄膜厚度加上所述液晶层厚度，其中各点的第二求和互相相等。

5. 如权利要求 1 所述的反射彩色液晶显示装置，其特征在于所述彩色滤光层位于反射层上。

6. 如权利要求 3 所述的反射彩色液晶显示装置，其特征在于所述彩色滤光

层位于反射层上。

7. 如权利要求 1 所述的反射彩色液晶显示装置, 其特征在于 Δn_a 、 Δn_c 和 Δn_b 互不相等。

8. 如权利要求 2 所述的反射彩色液晶显示装置, 其特征在于所述液晶层的取向是 TN、均匀和非均匀取向中的一种。

9. 如权利要求 1 所述的反射彩色液晶显示装置, 其特征在于所述延迟单元包含位于所述第二基片外表面上的延迟片。

10. 如权利要求 1 所述的反射彩色液晶显示装置, 其特征在于所述延迟单元包含位于所述反射层上的延迟片。

11. 如权利要求 1 所述的反射彩色液晶显示装置, 其特征在于所述延迟单元包含位于所述第二基片内表面上的延迟片。

12. 如权利要求 1 所述的反射彩色液晶显示装置, 其特征在于所述液晶层的取向是 TN、均匀和非均匀取向中的一种。

13. 如权利要求 1 所述的反射彩色液晶显示装置, 其特征在于装置具有 XYZ 色度系统色度图色度坐标 (x, y) , 它是通过来自 C 光源的光线经过红色、绿色和蓝色各点的彩色滤光层获得的, 这里 $0.290 \leq x \leq 0.300$, $0.290 \leq y \leq 0.310$ 和 $|x-y| \leq 0.015$ 条件, 并且装置的白光状态 Y 水平为 55~65。

14. 如权利要求 13 所述的反射彩色液晶显示装置, 其特征在于:

$$0.390 \leq x_r \leq 0.410, 0.290 \leq y_r \leq 0.310, 50 \leq Y_r \leq 60;$$

$$0.310 \leq x_g \leq 0.330, 0.380 \leq y_g \leq 0.400, 80 \leq Y_g \leq 90;$$

$$0.150 \leq x_b \leq 0.170, 0.200 \leq y_b \leq 0.220, 30 \leq Y_b \leq 40;$$

这里, (x_r, y_r) 、 (x_g, y_g) 和 (x_b, y_b) 为光线经过红色、绿色和蓝色彩色滤光层的色度坐标。

15. 如权利要求 1 所述的反射彩色液晶显示装置, 其特征在于装置包含有源矩阵阵列。

16. 如权利要求 13 所述的反射彩色液晶显示装置, 其特征在于装置包含有源矩阵阵列。

反射式彩色液晶显示装置

本发明涉及反射式彩色液晶显示装置。

反射式液晶显示装置(反射 LCD)采用液晶面板来调制从前面板表面入射的环境光线并反射到显示面板后表面上的反射镜上。因此反射 LCD 无需透射液晶显示装置(透射 LCD)必需的背面光线。这减少了功耗,使得反射 LCD 适于个人数字助理和其他移动设备。

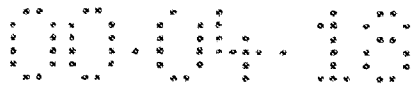
但是由于反射 LCD 通过反射环境光线显示图像,所以不能调节入射光强。因此如果环境光线照度较弱,例如当在室内或晚上使用设备时,由于环境光线暗而使显示屏非常暗,带来视觉效果不佳的缺点。因此反射 LCD 需要高度反射率以充分反射入射的环境光线。

提高反射率的一种途径包括防止液晶元胞和光学部件的透光损失并利用反射镜提高反射率。注意到偏振片的光透射损失,减少液晶元胞和光学部件光透射损失的方法包括避免使用偏振片的主-从显示系统(日本公开专利 No. H7-146469)和只使用一块偏振片的单偏振片系统(日本公开专利 No. H7-84252)。

提高反射镜反射率的方法包括形成反射电极的系统(日本公开专利 No. H8-101384),它将通常放置在液晶元胞外部的反射镜放置在液晶元胞内部,并利用反射率较高而电阻较低的铝作为反射镜材料以形成组合反射镜和电极。另一种方法是利用液晶元胞、延迟片和偏振片的系统,反射电极表面的凹面和凸面起到光散射功能(日本公开专利 No. H6-167708)。

例如在图 9 所示反射 LCD 中,液晶层 7 插在淀积反射电极 2 的玻璃基片 1 与其上形成红、绿和蓝色滤光片 3a、3b 和 3c 以及透明电极 5 的相对玻璃基片 6 之间。延迟片 9 和偏振片 10 放置在玻璃基片 6 的外表面。阻光层 4 放置在彩色滤光层的间隙内以防止光泄漏。这种类型的反射 LCD 采用利用一块偏振片的单偏振片系统和在液晶元胞内部提供包含凹凸面的反射电极 2 的系统。为了通过扩散反射改进视觉效果,反射电极增加了散射作用。入射光线通过偏振片 10,并且变成线偏振光。光线被延迟片 9 和液晶层 7 调制,反射到反射电极 2 表面,并在折返液晶层 7 和延迟片 9 之后到达偏振片 10。

为了利用单偏振片系统在反射 LCD 内显示白光(亮色)和暗光(暗色),反射



到反射电极面上的光线如果是暗光(暗色)显示,需要在整个可见光范围内是圆偏振光,如果是白光(亮色)显示,需要是线偏振光。为了满足这些条件,当可见光光线在延迟片与液晶之间行进时,对于白光显示,常光与非常光之间的相位差需要满足下列方程:

$$2\pi * (RL+RF) / \lambda = \pi * m;$$

其中

RL: 液晶层的延迟,

λ : 光线波长,

RF: 延迟片的延迟, 以及

m: 自然数。

对于暗光显示, 常光与非常光之间的相位差需要满足下列方程:

$$2\pi * (RL+RF) / \lambda = \pi * (m-1/2)。$$

这里延迟的 $2\pi / \lambda$ 倍为相位差。

如果液晶层具有均匀的取向, 则液晶层的延迟 RL 可以利用 $\Delta n * d$ 表示, 这里 Δn 为液晶的折射率各向异性, 而 d 为液晶层的厚度。

但是在上述反射 LCD 中, 经过构成像素的红、绿和蓝点的光线具有不同的波长, 因此在整个可见光范围内不能满足上述方程。例如如果确定 Δn 、d 和 RF 满足可视度最强的绿光(550nm 左右)的方程式, 则同样的方程式不满足其他波长范围, 例如波长较短的蓝光(450nm 左右)和波长较长的红光(650nm 左右)。此外, 由于 Δn 和 RF 在一定程度上依赖于波长, 所以上述方程式更加难以满足。因此在暗光显示中受阻光线不够多, 引起对比度损失。或者在白光和半色调显示中可能因液晶层中蓝色和红色点光调制率下降引起的彩色化(特别是黄色)。

本发明的目标是提供一种反射彩色 LCD, 它防止了低对比度和彩色化。

本发明的反射彩色 LCD 包括: 第一基片; 第二基片; 插在第一与第二基片之间的液晶层; 形成于第一基片内表面的反射层; 形成于第一与第二基片其中之一内表面的彩色滤光层, 彩色滤光层对应每个红、绿和蓝点; 位于第二基片外表面上的偏振片; 以及下列之一, (1)位于第二基片外表面的延迟片, (2)形成于第二基片内表面的延迟层, 以及(3)形成于第一基片的延迟层; 其中反射彩色液晶显示装置满足方程式 3 和 4:

$$0.9 \leq ((\alpha * d_r * \Delta n_r + Re_r) / \lambda_r) \leq ((\alpha * d_g * \Delta n_g + Re_g) / \lambda_g) \leq 1.1 \quad (3); \text{ 以及}$$

$$0.9 \leq ((\alpha * d_R * \Delta n_R + Re_R) / \lambda_R) \leq ((\alpha * d_G * \Delta n_G + Re_G) / \lambda_G) \leq 1.1 \quad (4);$$

其中 d_R 、 d_G 和 d_B ：构成像素的红、绿和蓝各点的液晶层厚度； λ_R 、 λ_G 和 λ_B ：经过各点的可见光波长； Δn_R 、 Δn_G 和 Δn_B ：当可见光波长为 λ_R 、 λ_G 和 λ_B 时液晶层折射率的各异向性； Re_R 、 Re_G 和 Re_B ：延迟片和延迟层之一的延迟；以及 α ：依赖于液晶层内液晶分子扭曲角的系数，当扭曲角为零时 $\alpha = 1$ 而当扭曲角为 45° 时 $\alpha = 0.69$ 。

因此，通过将经过红、绿和蓝各点的光线的相位差设定在预设范围内，单偏振片系统的彩色反射 LCD 防止低对比度和在白光和半色调显示中出现彩色化。

图 1 为按照本发明第一实施例的反射彩色液晶显示装置的剖视图。

图 2 为按照本发明第三实施例的反射彩色液晶显示装置的剖视图。

图 3 为按照本发明第四实施例的反射彩色液晶显示装置的剖视图。

图 4 为按照本发明第五实施例的反射彩色液晶显示装置的剖视图。

图 5 为按照本发明第六实施例的反射彩色液晶显示装置的剖视图。

图 6 为按照本发明第七实施例的反射彩色液晶显示装置的剖视图。

图 7 为按照本发明第八实施例的反射彩色液晶显示装置的剖视图。

图 8 为利用 C 光源作为按照本发明第八实施例的反射彩色液晶显示装置入射光线条件下，白光显示 XYZ 比色系统的色度图。

图 9 为普通反射彩色液晶显示装置的剖视图。

以下描述本发明反射液晶显示装置的实施例。

第一实施例

以下借助图 1 描述本发明第一实施例的反射式液晶显示装置(LCD)。铝反射电极 2 淀积在玻璃基片 1 的一侧。阻光层 4、红、绿和蓝色的彩色滤光层 3a、3b 和 3c 以及透明电极 5 依次淀积在与玻璃基片 1 相对的另一玻璃基片 6 上。液晶层 7 由密封材料 8 插在玻璃基片 1 与玻璃基片 6 之间。延迟片 9 和偏振片 10 层叠在玻璃基片 6 的外表面。透明电极 5 和反射电极 2 分别由一个以上的平行条组成，从基片 1 平面看它们互相垂直穿越。透明电极 5 和反射电极 2 的条相交变为一个点。点之间的间隙用阻光层 4 覆盖以防止光泄漏。

液晶层 7 的结构为扭曲角为 45 度的扭曲向列相模式。延迟片 9 的结构为 $\lambda/4$ 波片。

一个像素包括红、绿和蓝色各三个点。

本发明的关键是每个参数的设定方式使得，当红、绿和蓝每个点的波长为 λ_r 、 λ_g 和 λ_b ，红、绿和蓝每个点液晶层 7 的厚度为 d_r 、 d_g 和 d_b ，波长为 λ_r 、 λ_g 和 λ_b 下液晶层折射率各异向性为 Δn_r 、 Δn_g 和 Δn_b ，并且延迟片的延迟为 Re_r 、 Re_g 和 Re_b 时，经过红、绿和蓝点的光线的相位差等于和互相匹配。

当电压未施加在液晶层上时，光线经过液晶层一次的相位差例如对于红点可以表示为 $2\pi * \alpha * d_r * \Delta n_r / \lambda_r$ 。这里 α 为依赖于液晶层扭曲角的扭曲系数。当液晶层未扭曲时，扭曲系数为 1。在本实施例中，扭曲角为 45° ，扭曲系数大约为 0.69。这一系数可由基于 Jones 矩阵法的光学模拟得到。如果扭曲角为 60° ， $\alpha = 0.60$ 。如果扭曲角为 90° ，可以应用 Gooch-Tarry 关系，扭曲系数 $\alpha = 1/\sqrt{3} = 0.577$ 。

当光线在偏振片内变为线偏振光时，经过延迟片和液晶层，随后到达反射镜，对于绿点相位差例如可以表示为 $2\pi * \alpha * d_g * \Delta n_g / \lambda_g$ 。因此，为了使每个红色、绿色和蓝色点的相位差匹配，设定每个参数以满足红色与绿色点之间的下列关系：

$$(\alpha * d_r * \Delta n_r + Re_r) / \lambda_r = (\alpha * d_g * \Delta n_g + Re_g) / \lambda_g \quad (1); \text{ 以及}$$

$$(\alpha * d_b * \Delta n_b + Re_b) / \lambda_b = (\alpha * d_g * \Delta n_g + Re_g) / \lambda_g \quad (2)$$

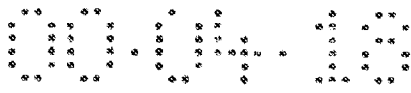
当电压施加在液晶层上时，相位差偏移 $2\pi * \alpha * d_g * \Delta n_g / \lambda_g$ 。但是由于红色、绿色和蓝色点的偏移程度几乎相同，所以相位差几乎是同一值。

但是在实践中，考虑到产品的差异，不容易制造精确满足方程式 1 和 2 的 LCD。如果相位差在下列方程式 3 和 4 范围内，仍然可以实现本发明的效果：

$$0.9 \leq ((\alpha * d_r * \Delta n_r + Re_r) / \lambda_r) \leq ((\alpha * d_g * \Delta n_g + Re_g) / \lambda_g) \leq 1.1 \quad (3); \text{ 以及}$$

$$0.9 \leq ((\alpha * d_b * \Delta n_b + Re_b) / \lambda_b) \leq ((\alpha * d_g * \Delta n_g + Re_g) / \lambda_g) \leq 1.1 \quad (4);$$

以下描述采用单偏振片的反射 LCD 中显示白光(亮色)和暗光(暗色)的条件。为了显示白光，经过偏振片 10 的线偏振光在延迟片 9 处变为圆偏振。光线随后经过液晶层 7，在反射电极 2 上反射，并随后经过液晶层和延迟片 9，返回偏振片 10。在光线返回偏振片 10 时，光线在同一方向上需要是线偏振光。因此延迟片 9 与液晶层 7 之间来回产生的总相位差需要是 2π 的数倍。光线单程的相位差因此可以表示为 π 的倍数，即一半， $m\pi$ ， m 为自然数。为了显示暗



光，返回偏振片 10 的光线需要线偏振化，但是垂直于入射光线的偏振方向。因此单程的相位差为 $(m-1/2)\pi$ 。

另一方面，当未施加电压时液晶层内的液晶分子几乎平行于基片，表明相对入射光线的光各异向性。经过液晶层 7 的光线的相位差例如对于绿点可以是 $2\pi * \alpha * d_c * \Delta n_c / \lambda_c$ 。当施加足够的电压时，液晶分子垂直于基片，表明几乎没有与相对入射光线的光各异向性。因此相位差接近 0。

因此当采用改变相位 $\pi/2$ 的 $1/4\lambda$ 波片作为延迟片 9 时，对液晶层 7 施加足够电压时的单程总相位差仅仅是延迟片 9 的 $\pi/2$ ，对应暗光(暗色)显示。因此通过未施加电压时显示白光(亮色)实现高对比度的暗色和白色显示。为此，当对液晶层施加电压时单程总相位差为 $m\pi$ 。具体而言，在对于绿色点例如是下列条件下可以是白光显示：

$$2\pi * (\alpha * d_c * \Delta n_c + 1/4) / \lambda_c = m\pi \quad (5)$$

对于红色点和蓝色点需要满足同样的方程式。对应利用 $1/4\lambda$ 波片的每个波长的延迟是 $Re_R = \lambda_R/4$ ， $Re_G = \lambda_G/4$ 和 $Re_B = \lambda_B/4$ 。

根据上述设计概念， d_R 和 Δn_R 满足绿色点的方程式 5。根据 d_c 和 Δn_c 以及满足上述方程式 3 和 4 的关系确定红色和蓝色点的相位差范围。结果，红色、绿色和蓝色点的相位差保持在预设范围内。

上述设计的效果是当液晶层未施加电压时在红色、绿色和蓝色点之间实现白光(亮色)强度几乎相等的光线，从而减少了彩色化。

当施加电压时，虽然液晶层的折射率各异向性正比于电场强度，但是如上所述，红色、绿色和蓝色点的减少程度几乎相同，使得经过各点的光线的相位差几乎相等。因此进入各点的圆偏振光在液晶层 7 处调制程度几乎一样，使到达各点的光线强度几乎相等。因此半色调内的彩色化可以减少。当施加足够的电压并且液晶层的折射率各异向性足够小时，这很少受液晶层 7 相位差变化的影响。出射光线的相位差在双程中受延迟片影响仅仅变化 π 。因此反射光线到达偏振片表面时是垂直于入射光线线偏振方向的线偏振光。因此对于红色、绿色和蓝色各点实现了几乎相同的暗光(暗色)光线，实现了阻光状态下的无色。

这抑制了经过各点的光线的相位差偏移，抑制了白光和半色调显示的彩色化并抑制了暗光显示下光线泄漏引起的低对比度。

在第一实施例中，当经过蓝色、绿色和红色的光线的峰值透射波长为 450nm、550nm 和 650nm 时，为了满足关系 3 和 4，液晶层厚度 d_R 、 d_c 和 d_B 满足

$$d_b < d_c < d_r.$$

为了调整液晶层的厚度 d_r 、 d_c 和 d_b ，使彩色滤光层的厚度呈台阶状。换句话说，彩色滤光层的红色、绿色和蓝色各点厚度 T_r 、 T_c 和 T_b 设定为 $T_r < T_c < T_b$ 。

以下描述上述反射 LCD 的制造。首先，在非碱性玻璃基片 1 上形成作为反射镜和电极的铝反射电极。由红色、绿色和蓝色颜料组成的彩色滤光层 3a、3b 和 3c 形成于与玻璃基片 1 相对的非碱性玻璃基片 6 上。由氧化铟锡 (ITO) 构成的透明电极 5 形成于彩色滤光层 3a、3b 和 3c 上。红色、绿色和蓝色的彩色滤光层设定为 $T_r < T_c < T_b$ 。分别在反射电极 2 和透明电极 5 上形成聚酰亚胺取向膜 (例如 Nissan 化学工业有限公司生产的 SE-7210)，并且摩擦至 45° 扭曲角。利用密封材料将两块基片粘合起来，密封材料内混合了玻璃光纤 (例如 Mitsui 化学股份公式生产的 LC STRUCTBOND)。接着，将折射率各异向性色散较小的手征对称向列相液晶 (从而可以将 Δn_r 、 Δn_c 和 Δn_b 视为常数) 注入，随后用紫外线凝固树脂密封入口以形成液晶层 7。随后在形成有彩色滤光层 3a、3b 和 3c 的玻璃基片 6 外表面上层叠 $\lambda/4$ 波片作为延迟片 9。偏振片 10 层叠在 $\lambda/4$ 波片上以完成反射彩色 LCD 的制作。

由于所用手征对称向列相液晶的 Δn 接近 $\Delta n_r = \Delta n_c = \Delta n_b = 0.06$ ，所以彩色滤光层的厚度差使得液晶层厚度变为 $d_c = 4$ 微米， $d_b = 3.4$ 微米和 $d_r = 4.5$ 微米。换句话说，红色、绿色和蓝色的彩色滤光层 3a、3b 和 3c 的厚度设定为 $T_r = 0.9$ 微米， $T_c = 1.4$ 微米和 $T_b = 2.0$ 微米。

在白光显示中，经过红色、绿色和蓝色各点的光线的相位差分别为 $(0.415 \times 0.69 + 0.25) \times 2\pi$ 、 $(0.436 \times 0.69 + 0.25) \times 2\pi$ 和 $(0.453 \times 0.69 + 0.25) \times 2\pi$ 。

因此进行如下的计算：

$$((\alpha * d_r * \Delta n_r + Re_r) / \lambda_r) / ((\alpha * d_c * \Delta n_c + Re_c) / \lambda_c) = 0.97; \text{ 以及}$$

$$((\alpha * d_b * \Delta n_b + Re_b) / \lambda_b) / ((\alpha * d_c * \Delta n_c + Re_c) / \lambda_c) = 1.02.$$

这些满足方程式 1 和 2 中的关系。

测量了上述反射彩色液晶显示器的单色和积分反射率。为了测量，采用了色度计 (Minolta 有限公司的 CM-508D)，并且采用标准白板作为基准。结果表明在 C 光源的 CIE 色度坐标下白光色度为 $(x, y) = (0.320, 0.320)$ ，并且反射率 $R = 15\%$ 。对于暗色显示，色度为 $(x, y) = (0.28, 0.29)$ ，并且反射率 $R = 0.9\%$ 。因此实现较小彩色化的高对比度显示。

第一实施例描述了无源矩阵反射彩色 LCD。显然，本发明的概念并不局限于这种 LCD。本发明自然而然地可以应用至其上形成诸如 TFT 的开关元件的有源矩阵 LCD。

第二实施例

以下描述本发明第二实施例的反射 LCD。本实施例的反射 LCD 具有与第一实施例相同的总体结构，因此省略结构描述。但是与第一实施例不同，液晶层 7 具有均匀的取向。当采用 $\lambda/4$ 波片作为延迟片 9 时，对于绿色点，由于扭曲系数 $\alpha=1$ ，白光显示条件是 $(d_c \cdot \Delta n_c) / \lambda_c = m/2 - 1/4$ (m 为自然数)。这里 m 设定为 $m=2$ 。采用折射率各向异性 0.09 的液晶，并且各点的彩色滤光层呈台阶状，使得液晶层厚度变为 $d_c=4.5$ 微米， $d_b=3.5$ 微米和 $d_r=5.0$ 微米。换句话说，彩色滤光层 3a、3b 和 3c 的厚度满足 $T_r=0.5$ 微米， $T_c=1.2$ 微米和 $T_b=1.7$ 微米。

这种结构下，红色、绿色和蓝色各点的相位差分别为 $(0.692+0.25)*2\pi$ 、 $(0.736+0.25)*2\pi$ 和 $(0.76+0.25)*2\pi$ ，接近常数。

与第一实施例一样，在扩散光源下测量了平板反射率。在 C 光源的 CIE 色度坐标下白光色度为 $(x, y)=(0.315, 0.320)$ ，并且反射率 $R=15\%$ 。对于暗色显示，色度为 $(x, y)=(0.28, 0.29)$ ，并且反射率 $R=0.9\%$ 。因此第二实施例减小了白光显示中的彩色化并防止低对比度。在均匀取向实现了同样的效果。

第三实施例

以下借助图 2 描述本发明第三实施例的反射彩色 LCD 的结构。与第一实施例的不同之处是淀积反射电极的玻璃基片呈台阶状以使液晶层厚度差满足 $d_b < d_c < d_r$ 。反射电极形成于内层绝缘薄膜，并且对红色、绿色和蓝色各点的内层绝缘薄膜厚度满足 $Z_r < Z_c < Z_b$ ，这里 Z_r 、 Z_c 和 Z_b 为各点薄膜厚度。

具体而言，利用丙烯酸树脂在玻璃基片 1 上形成厚度不同的各点内层绝缘薄膜 11a、11b 和 11c。然后形成钴反射电极内层绝缘薄膜 11a、11b 和 11c 的厚度设定为 $Z_r=1$ 微米， $Z_c=1.6$ 微米和 $Z_b=2.1$ 微米。接着，由同样厚度颜料构成的红色、绿色和蓝色彩色滤光层 3a、3b 和 3c 形成于相对的玻璃基片 6 上，并随后淀积透明电极 5。在两个玻璃基片 1 和 6 上形成聚酰亚胺取向膜，并且摩擦至 45° TN 取向。随后利用密封材料 8 将两块基片粘合起来，从而使绿色点液晶层的厚度为 4 微米。将折射率各向异性色散为 0.06 的液晶注入以形成

液晶层 7。玻璃基片 6 外表面上层叠作为延迟片 9 的 $\lambda/4$ 波片和偏振片 10 以完成反射彩色 LCD 的制作。

与第一实施例一样，在扩散光源下测量了平板反射率。在 C 光源的 CIE 色度坐标下白光色度为 $(x, y) = (0.315, 0.320)$ ，并且反射率 $R = 15\%$ 。对于暗色显示，色度为 $(x, y) = (0.28, 0.29)$ ，并且反射率 $R = 0.9\%$ 。因此第三实施例减小了白光显示中的彩色化并防止低对比度。在均匀取向和非均匀取向实现了同样的效果。

第三实施例完全可以应用至其上形成诸如 TFT 的开关元件的有源矩阵 LCD。

第四实施例

以下借助图 3 描述本发明第三实施例的反射彩色 LCD 的结构。与第一实施例的不同之处是在反射层上形成彩色滤光层使液晶层厚度差满足 $d_b < d_c < d_r$ 。具体而言，在反射层上形成红色、绿色和蓝色彩色滤光层，并且在彩色滤光层上形成由 ITO 构成的透明电极。红色、绿色和蓝色彩色滤光层满足 $T_r < T_g < T_b$ ，这里 T_r 、 T_g 和 T_b 为各彩色滤光层的厚度。

以下描述上述彩色 LCD 的制造方法。由铝构成的反射层 12 淀积在玻璃基片 1 上，并且利用防颜料弥散剂在反射层 12 上形成台阶状的红、绿和蓝色的彩色滤光层 3a、3b 和 3c。随后淀积透明电极 5。彩色滤光层 3a、3b 和 3c 的厚度为 $T_r = 1$ 微米， $T_g = 1.6$ 微米和 $T_b = 2.1$ 微米。接着，在相对的玻璃基片 6 上淀积由 ITO 构成的透明电极 5。在两个玻璃基片 1 和 6 上形成聚酰亚胺取向膜，并且摩擦至 45° TN 取向。随后利用密封材料 8 将两块基片粘合起来，从而使绿色点液晶层的厚度为 4 微米。将折射率各异向性色散为 0.06 的液晶注入以形成液晶层 7。玻璃基片 6 外表面上层叠作为延迟片 9 的 $\lambda/4$ 波片和偏振片 10 以完成反射彩色 LCD 的制作。

与第一实施例一样，在扩散光源下测量了平板反射率。在 C 光源的 CIE 色度坐标下白光色度为 $(x, y) = (0.315, 0.320)$ ，并且反射率 $R = 15\%$ 。对于暗色显示，色度为 $(x, y) = (0.28, 0.29)$ ，并且反射率 $R = 0.9\%$ 。因此第四实施例减小了白光显示中的彩色化并防止低对比度。在均匀取向和非均匀取向实现了同样的效果。

在第四实施例中，彩色滤光层覆盖在反射层上。这保护了反射层的 Al 表

面，并减少了摩擦过程的擦伤并防止了长期使用下湿气对 Al 的腐蚀。

第五实施例

以下借助图 4 描述本发明第五实施例的反射彩色 LCD。与第一实施例的不同之处是为红色、绿色和蓝色各点提供间隔层并且液晶层各点的折射率各向异性是不同的。红色、绿色和蓝色的液晶层满足 $\Delta n_R < \Delta n_G < \Delta n_B$ ，这里每个折射率各向异性为 Δn_R 、 Δn_G 和 Δn_B 。

以下描述制造方法。在玻璃基片 1 上淀积由铝构成的反射电极之后，由红色、绿色和蓝色颜料组成的彩色滤光层 3a、3b 和 3c 形成于相对的玻璃基片 6 上。随后淀积透明电极 5。利用光敏丙烯酸刻蚀剂(例如 JSR 公司的 PC302)在点之间的条内形成 3 微米的间隔层。在两块基片 1 和 6 上形成聚酰亚胺取向膜，并且摩擦至 45° TN 扭曲角。利用密封材料 8 将玻璃基片 1 和 6 粘合起来。接着将红色点的折射率各向异性 $\Delta n = 0.09$ 、绿色点的折射率各向异性 $\Delta n = 0.08$ 和蓝色点的折射率各向异性 $\Delta n = 0.065$ 的液晶注入形成液晶层 14a、14b 和 14c。随后在玻璃基片 6 外表面上层叠作为延迟片 9 的 $\lambda/4$ 波片和偏振片 10 以完成反射彩色 LCD。

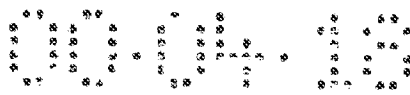
在本实施例的反射彩色 LCD 中，白光显示下，由于 $\alpha = 0.69$ ，所以红色、绿色和蓝色各点的相位差分别为 $(0.287 + 0.25) * 2\pi$ 、 $(0.301 + 0.25) * 2\pi$ 和 $(0.299 + 0.25) * 2\pi$ 。相位差几乎是常数。

而且在本实施例中，与其他实施例一样，降低了白光和半色调下的彩色化和低对比度。

第五实施例描述了液晶层为 TN 取向的情况。在均匀取向、非均匀取向和混合取向获得了同样的效果。

第六实施例

以下借助图 5 描述本发明第六实施例的反射彩色 LCD。与第一实施例的不同之处是在液晶元胞内形成延迟层代替延迟片。此外，这种延迟层的延迟随各种颜色而变化。当红、绿和蓝每个点的延迟层的延迟为 Re_R 、 Re_G 和 Re_B ，液晶层 7 的厚度为 d_R 、 d_G 和 d_B ，经过各点的可见光波长为 λ_R 、 λ_G 和 λ_B ，并且可见光波长为 λ_R 、 λ_G 和 λ_B 下液晶层折射率各向异性为 Δn_R 、 Δn_G 和 Δn_B 时，这些参数满足前述方程式 3 和 4。



以下描述制造方法。在玻璃基片 1 上淀积由铝构成的反射电极，并且在相对的玻璃基片 6 上对应红色、绿色和蓝色点的位置形成由液晶聚合物组成的延迟层 15a、15b 和 15c。延迟层 15a、15b 和 15c 的延迟分别设定为 $Re_r=170\pm 5\text{nm}$ ， $Re_g=140\pm 5\text{nm}$ 和 $Re_b=95\pm 5\text{nm}$ 。随后形成颜料弥散型红色、绿色和蓝色彩色滤光层 3a、3b 和 3c。透明电极淀积在彩色滤光层 3a、3b 和 3c 上。在两块基片 1 和 6 上形成聚酰亚胺取向膜，并且摩擦至 45°TN 扭曲角。利用密封材料 8 将玻璃基片 1 和 6 粘合起来。将液晶注入并密封以完成液晶层 7。在玻璃基片 6 外表面上层叠偏振片 10。红色、绿色和蓝色各点液晶层的厚度等于 4 微米。对于液晶，采用折射率各异向性的波长色素特性几乎相同的材料，即 $\Delta n_r = \Delta n_g = \Delta n_b = 0.06$ 。

在本实施例的反射彩色 LCD 中，白光显示下，由于 $\alpha = 0.69$ ，所以红色、绿色和蓝色各点的相位差分别为 $(0.516 \pm 0.008) * 2\pi$ 、 $(0.556 \pm 0.009) * 2\pi$ 和 $(0.579 \pm 0.011) * 2\pi$ 。

因此绿色与红色点之间的关系为 $0.90 < ((\alpha * d_r * \Delta n_r + Re_r) / \lambda_r) / ((\alpha * d_g * \Delta n_g + Re_g) / \lambda_g) < 0.96$ ，满足方程式 3。

绿色与蓝色点之间的关系为 $1.01 < ((\alpha * d_g * \Delta n_g + Re_g) / \lambda_g) / ((\alpha * d_b * \Delta n_b + Re_b) / \lambda_b) < 1.08$ ，满足方程式 4。

这种结构抑制了红色、绿色和蓝色点内相位差的偏离，因此降低了白光下的彩色化并防止低对比度。

第六实施例描述了液晶层为 TN 取向的情况。在均匀取向和非均匀取向下获得了同样的效果。

第七实施例

以下借助图 6 描述本发明第七实施例的反射彩色 LCD。与第一实施例的不同之处是在液晶元胞内反射层上形成延迟层代替延迟片，并且液晶层具有均匀的取向。

以下描述制造方法。在玻璃基片 1 上淀积由铝构成的反射层 12，并且在对应红色、绿色和蓝色点的位置形成由液晶聚合物组成的延迟层 15a、15b 和 15c。在延迟层 15a、15b 和 15c 上形成由 ITO 构成的透明电极 5。延迟层 15a、15b 和 15c 的延迟分别设定为 $Re_r=200\pm 5\text{nm}$ ， $Re_g=140\pm 5\text{nm}$ 和 $Re_b=70\pm 5\text{nm}$ 。在相对的玻璃基片 6 上形成颜料弥散型红色、绿色和蓝色彩色滤光层 3a、3b 和 3c，

并随后淀积由 ITO 构成的透明电极。在两块基片 1 和 6 上形成聚酰亚胺取向膜，并且摩擦至均匀的取向。利用密封材料 8 将玻璃基片 1 和 6 粘合起来。将液晶注入并密封以完成液晶层 7。在玻璃基片 6 外表面上层叠偏振片 10。红色、绿色和蓝色各点液晶层的厚度设定为常数，即 4.5 微米。对于液晶，采用折射率各向异性的波长色散特性几乎为常数的材料，即 $\Delta n = 0.09$ 。

在本实施例的反射彩色 LCD 中，白光显示下，红色、绿色和蓝色各点的相位差分别为 $(0.931 \pm 0.008) * 2\pi$ 、 $(0.991 \pm 0.009) * 2\pi$ 和 $(1.056 \pm 0.011) * 2\pi$ 。因此绿色与红色点之间的关系为 $0.923 < ((\alpha * d_r * \Delta n_r + Re_r) / \lambda_r) / ((\alpha * d_c * \Delta n_c + Re_c) / \lambda_c) < 0.956$ ，满足方程式 3。绿色与蓝色点之间的关系为 $1.044 < ((\alpha * d_g * \Delta n_g + Re_g) / \lambda_g) / ((\alpha * d_c * \Delta n_c + Re_c) / \lambda_c) < 1.086$ ，满足方程式 4。由于在第七实施例中采用了均匀取向，所以 $\alpha = 1$ 。上述结构抑制了红色、绿色和蓝色点内相位差的偏离，因此降低了白光下的彩色化并防止低对比度。

显然，在 TN 取向和均匀取向获得了同样的效果。

第八实施例

以下借助图 7 描述本发明第八实施例的反射彩色液晶显示装置。该实施例采用有源矩阵型反射 LCD，其中在通过内层绝缘薄膜 17 形成 TFT 单元 16 之后在玻璃基片 1 上淀积反射电极 2。与第一实施例一样，采用 $\lambda/4$ 波片作为延迟片，并且液晶层为 45 度扭曲。包括延迟片延迟和液晶层折射率各向异性和厚度的参数满足方程式 3 和 4。与第一实施例的不同之处是采用具有下列特性的彩色滤光片。当 C 光源作为入射光线并且 XYZ 色度系统色度图色度坐标为 (x, y) 时，满足图 8 阴影区域所示的 $0.290 \leq x \leq 0.300$ ， $0.290 \leq y \leq 0.310$ 和 $|x-y| \leq 0.015$ 条件。此外，上述白光(Y)水平下的透射率为 55~65。

具体而言，当采用 C 光源作为入射光线时，对于红色点满足下列方程式：

$$0.390 \leq x_r \leq 0.410, 0.290 \leq y_r \leq 0.310;$$

这里， (x_r, y_r) 、 (x_g, y_g) 和 (x_b, y_b) 为光线经过红色、绿色和蓝色彩色滤光层的 XYZ 色度系统色度图的色度坐标，并且 Y_r 、 Y_g 和 Y_b 为 Y 水平。此外 Y 水平满足 $50 \leq Y_r \leq 60$ 。

同样，对于绿色，满足下列方程式并且对于 Y 水平 $80 \leq Y_g \leq 90$ ：

$$0.310 \leq x_g \leq 0.330 \text{ 和 } 0.380 \leq y_g \leq 0.400。$$

同样，对于蓝色，满足下列方程式并且对于 Y 水平 $30 \leq Y_b \leq 40$ ：

$0.150 \leq x_b \leq 0.170$ 和 $0.200 \leq y_b \leq 0.220$ 。

本实施例中的彩色滤光片设定为红色点的 $x=0.400$, $y=0.300$ 并且 $Y=53$, 绿色点的 $x=0.320$, $y=0.390$ 并且 $Y=85$, 而蓝色点的 $x=0.165$, $y=0.210$ 并且 $Y=34$ 。彩色滤光层的厚度红色点为 $T_r=1.2$ 微米, 绿色点为 $T_g=1.5$ 微米而蓝色点为 $T_b=1.8$ 微米。每种颜色的相位差设定为满足方程式 3 和 4。增加经过彩色滤光层光线处理的白光色度为 $x=0.300$, $y=0.309$ 并且 $Y=57$ 。

利用色度计 (Minolta 有限公司的 CM-508D) 测量了本实施例中反射彩色 LCD 的单色和积分反射率, 并且采用标准白板作为基准。采用 C 光源作为光源。在第八实施例的情况下, 在 C 光源的 CIE 色度坐标下白光色度和反射率为 $(x, y)=(0.30, 0.30)$, 并且 $R=15\%$ 。对于暗色显示, $(x, y)=(0.30, 0.30)$, 并且 $R=0.9\%$ 。因此实现高单色和高对比度显示。当彩色滤光层白光状态下色度坐标设定为 $0.290 \leq x \leq 0.300$, $0.290 \leq y \leq 0.310$ 和 $|x-y| \leq 0.015$ 时, 进一步提高暗光和白光下的单色度。另一方面, 如果数值超出上述范围, 彩色滤光片引起颜色偏移。例如红色偏移 $x > y + 0.015$, 绿色偏移 $x > y + 0.015$, 黄色偏移 $x > 0.300$ 和 $y > 0.310$, 并且蓝色偏移 $x < 0.290$ 并且 $y < 0.290$ 。

对于 Y 水平, 当 $Y < 55$ 时白光显示的反射率较低, 相反当 $Y > 65$ 时色纯度较低。因此 $55 \leq Y \leq 65$ 是满足较好反射率和颜色再现性的合适范围。

第八实施例描述了在相对玻璃基片上形成彩色滤光层的结构。通过在图 3 所示反射层上提供彩色滤光层也可以得到同样的效果。

如上所述, 为了使 $(\alpha * d_r * \Delta n_r + Re_r) / \lambda_r$ 、 $(\alpha * d_g * \Delta n_g + Re_g) / \lambda_g$ 和 $(\alpha * d_b * \Delta n_b + Re_b) / \lambda_b$ 具有恒定的值, 通过改变液晶层厚度、折射率各向异性或者延迟片的延迟减少红色、绿色和蓝色各点的相位差偏离,

其中 d_r 、 d_g 和 d_b : 构成像素的红、绿和蓝各点的液晶层厚度;

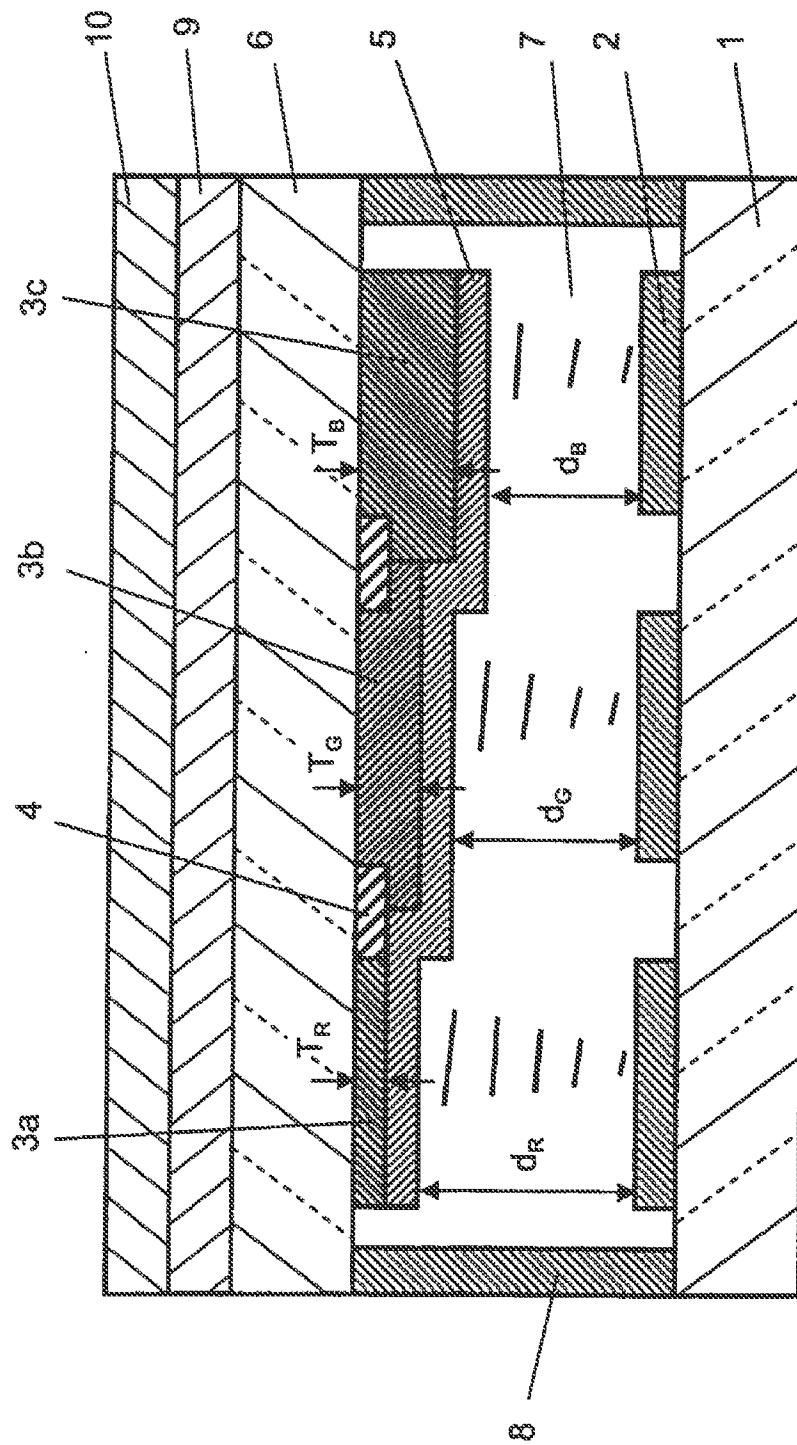
λ_r 、 λ_g 和 λ_b : 经过各点的可见光波长;

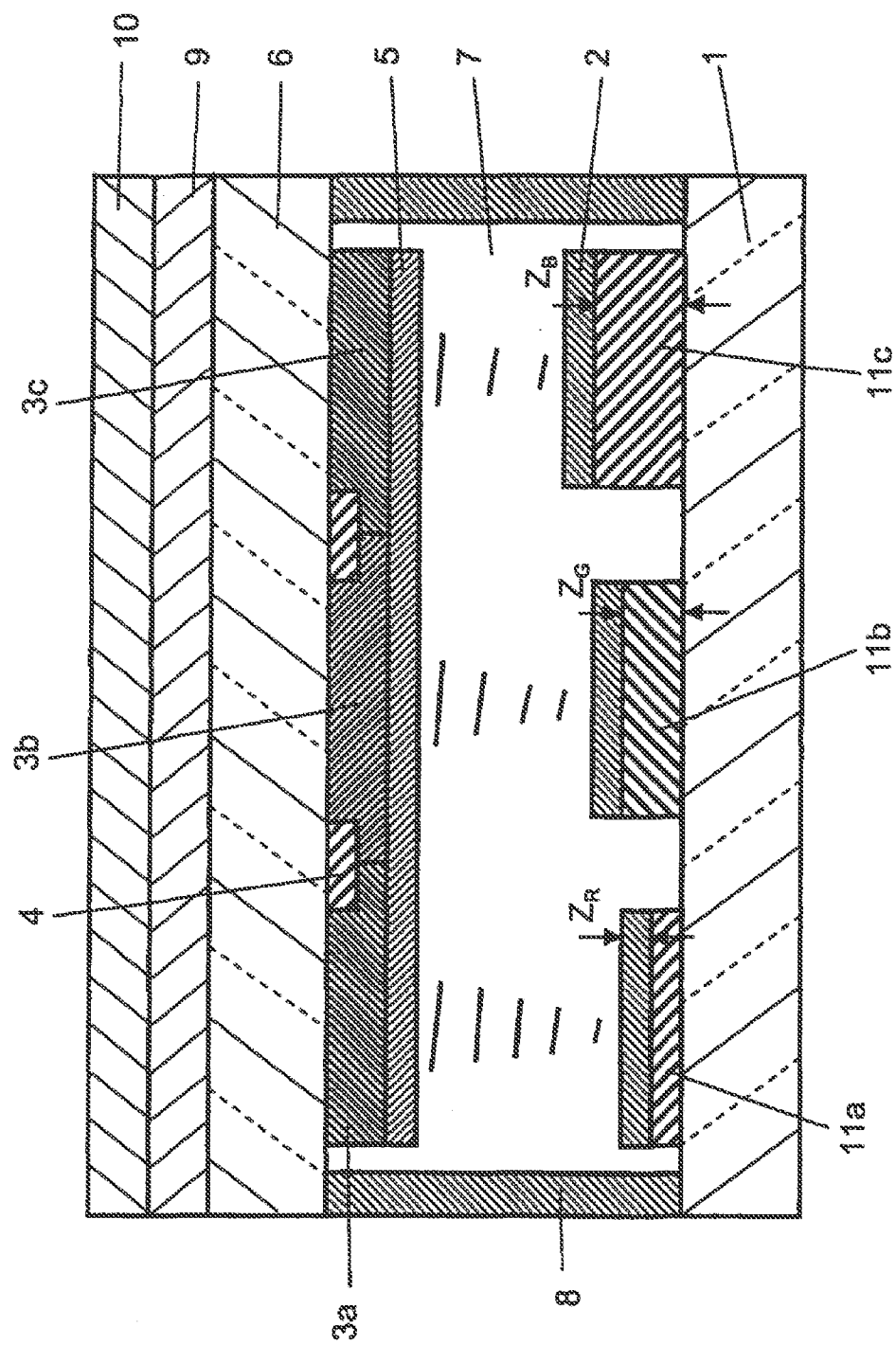
Δn_r 、 Δn_g 和 Δn_b : 液晶层折射率的各向异性;

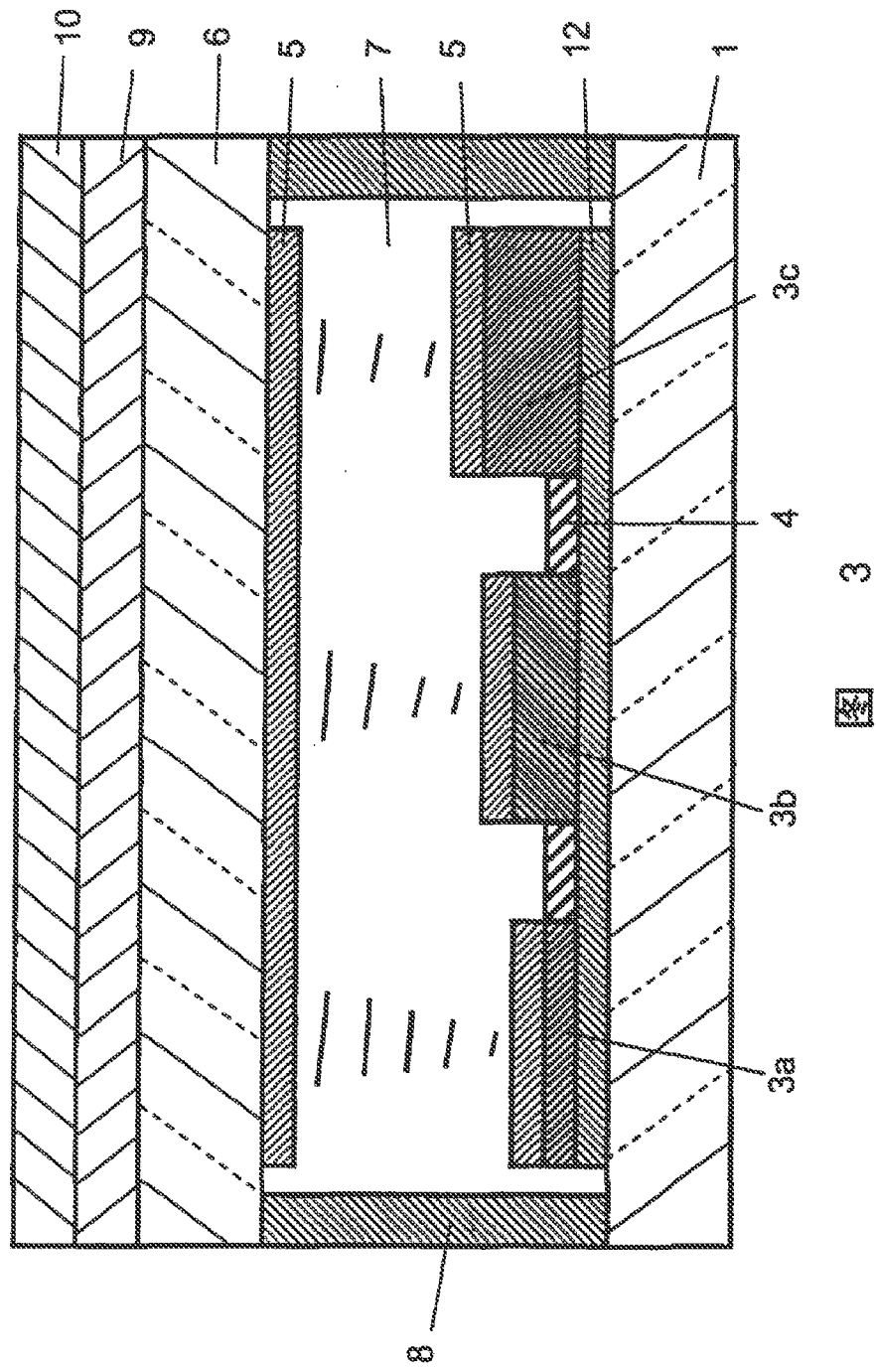
Re_r 、 Re_g 和 Re_b : 延迟片的延迟;

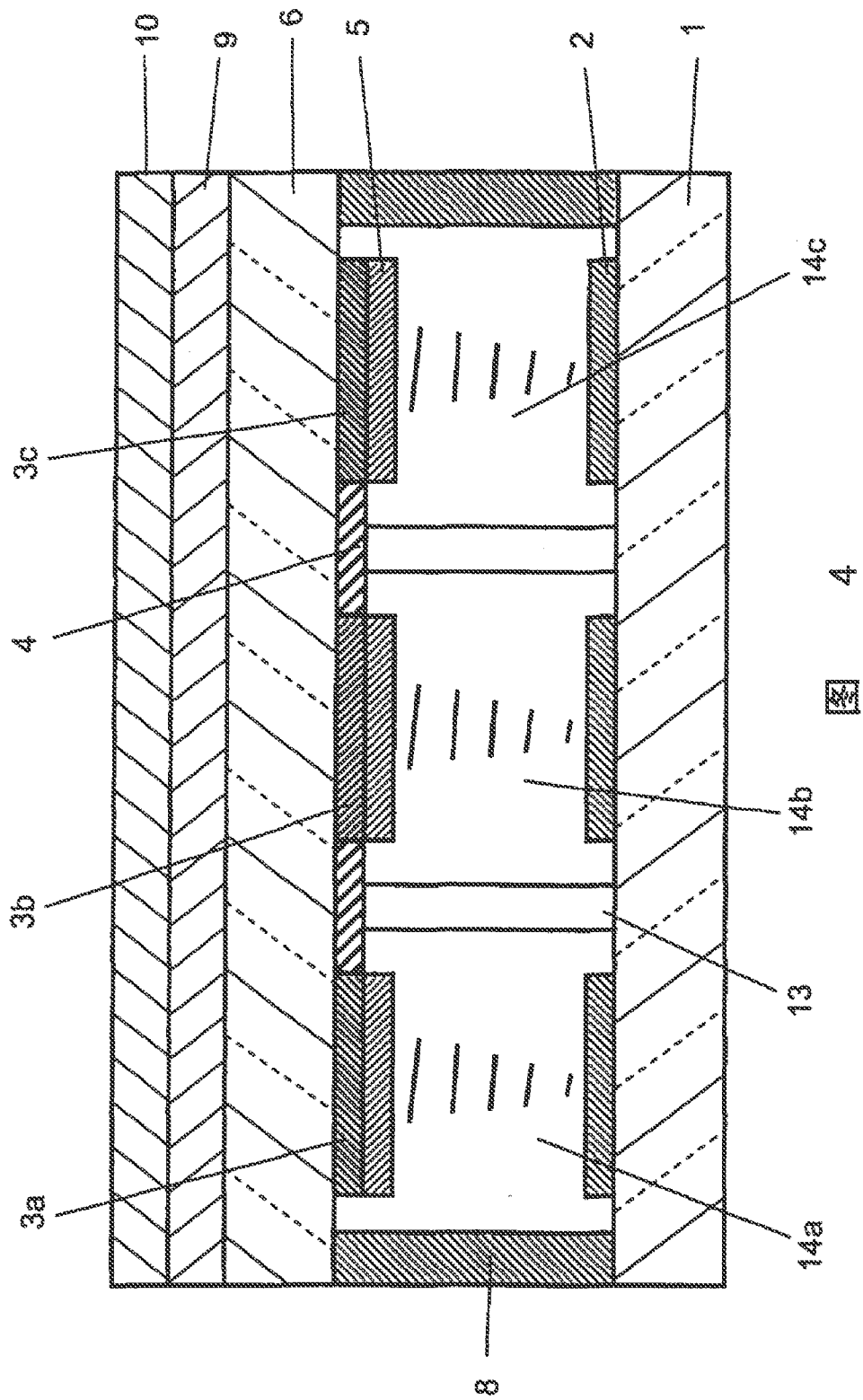
α : 扭曲系数。

因此实现了白光和半色调显示下较低的对比度损失和彩色化。









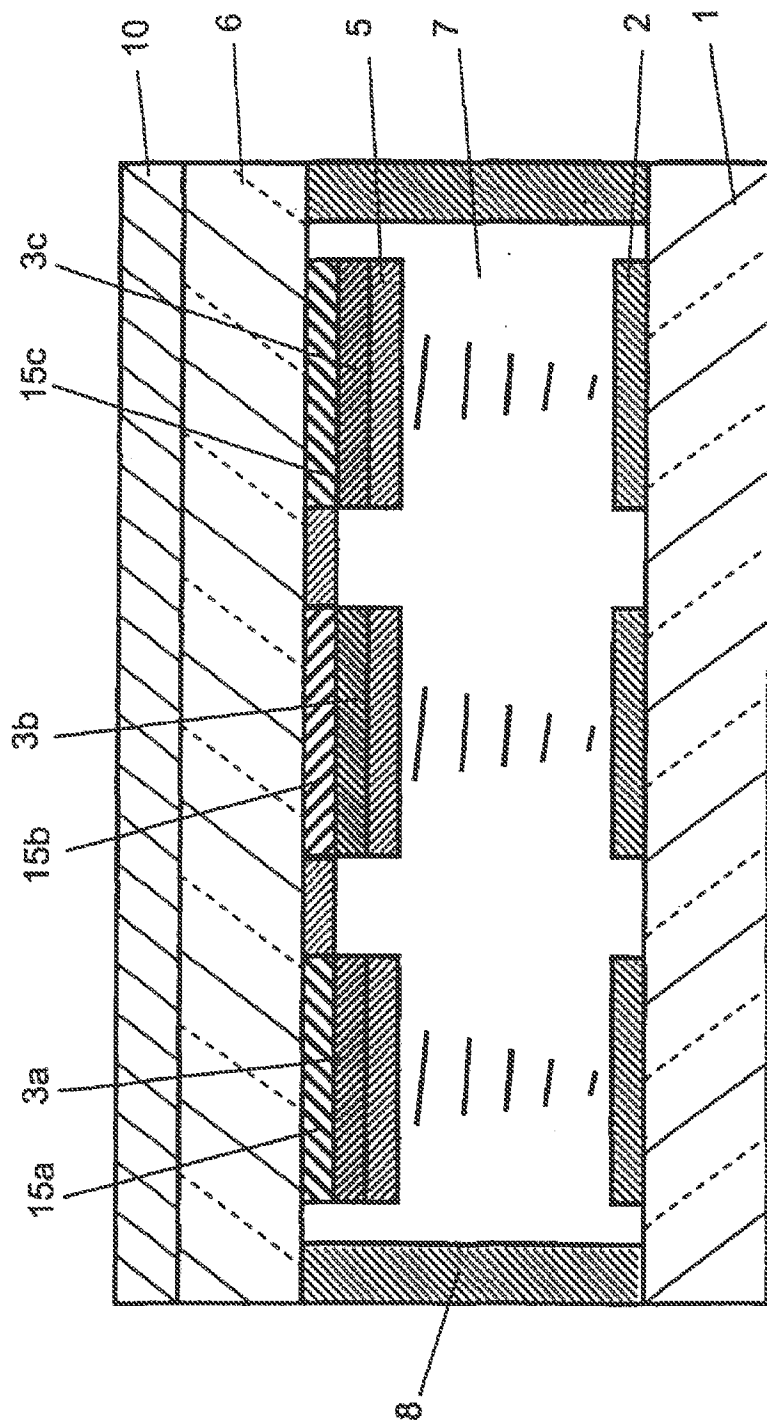
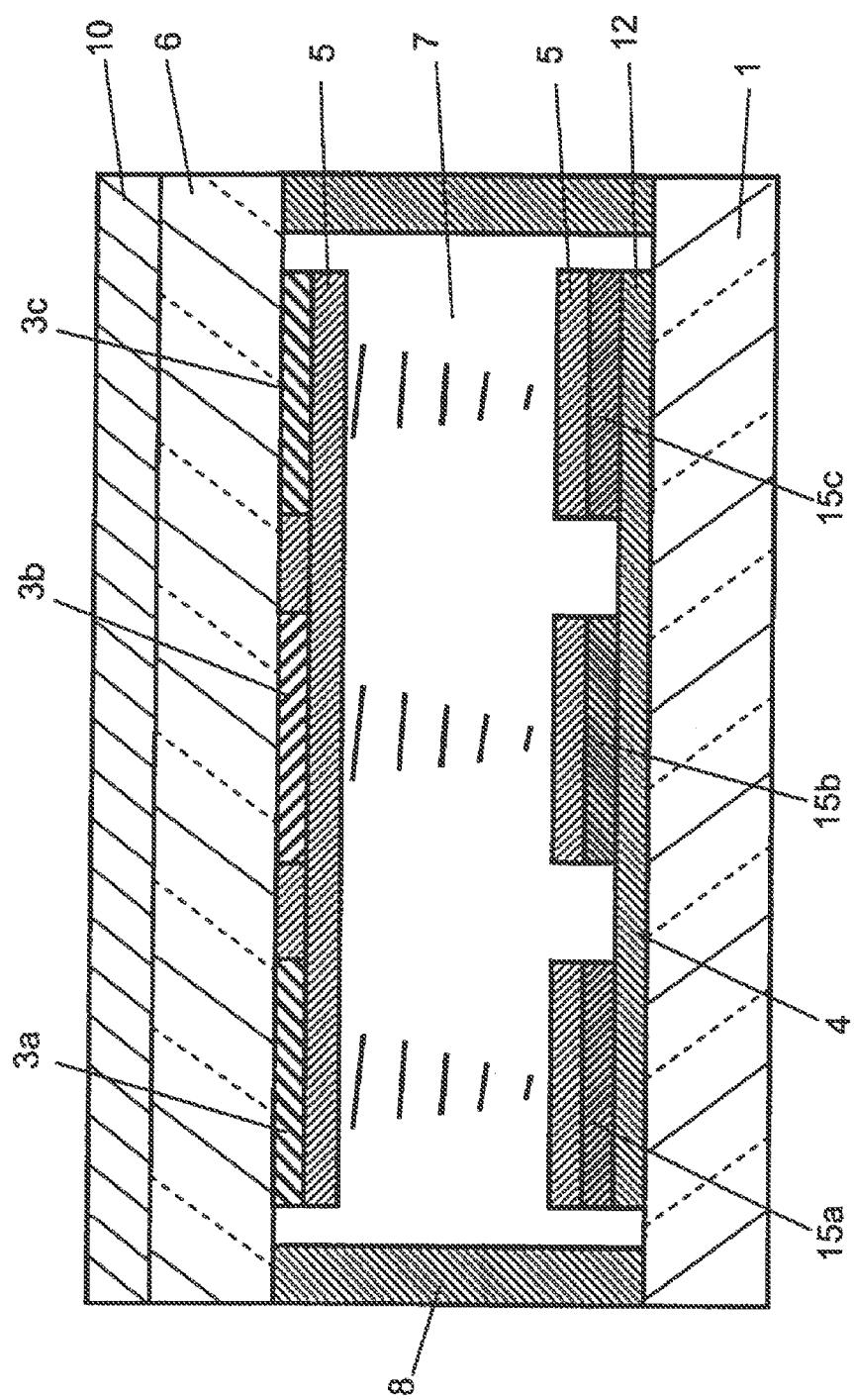
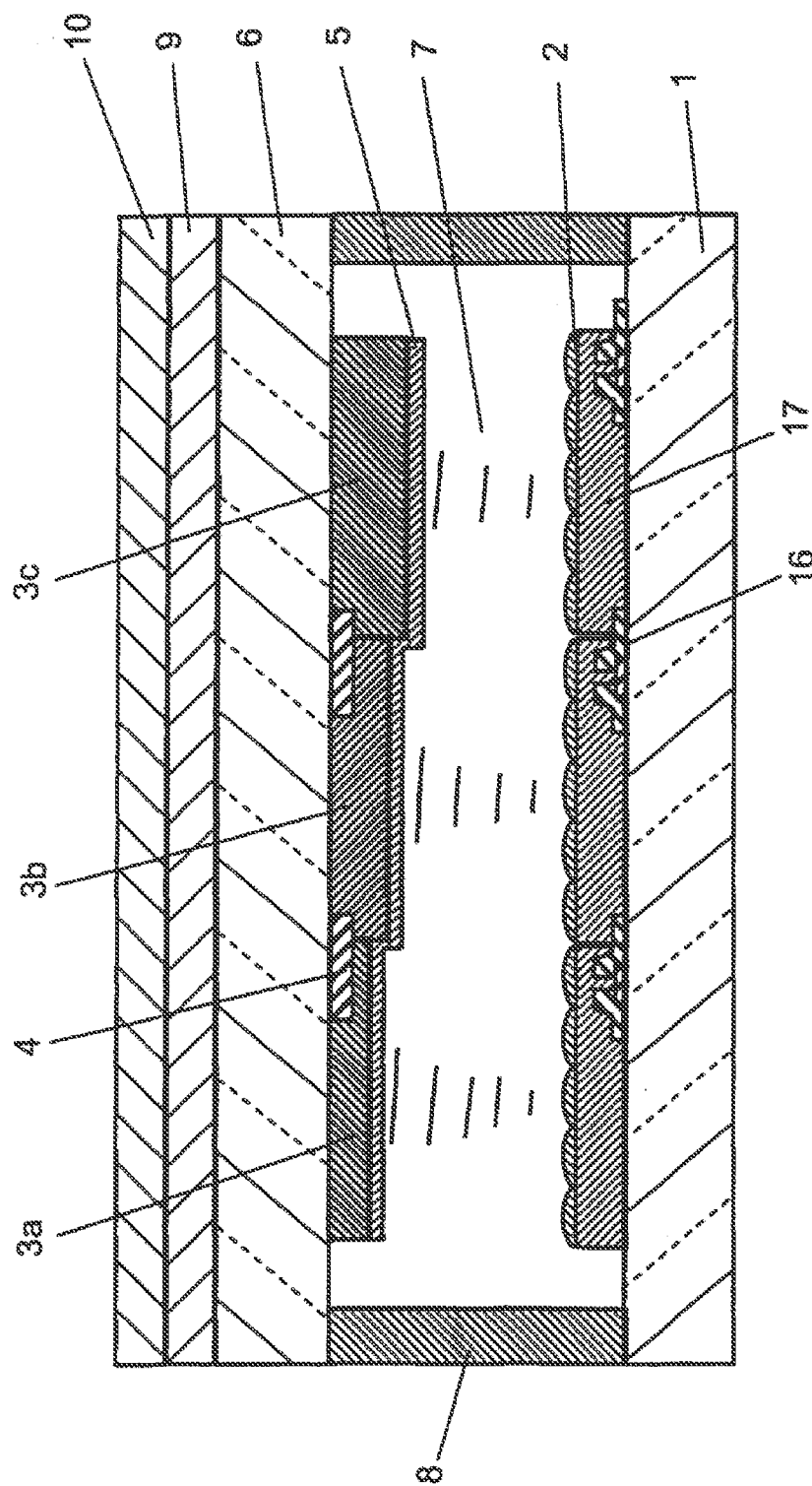


图 5





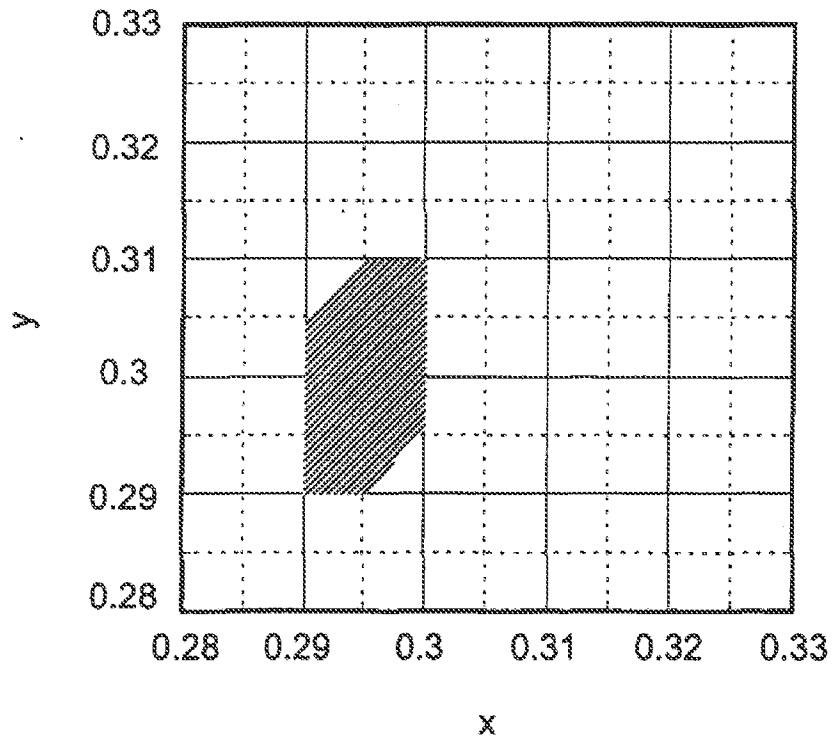


图 8

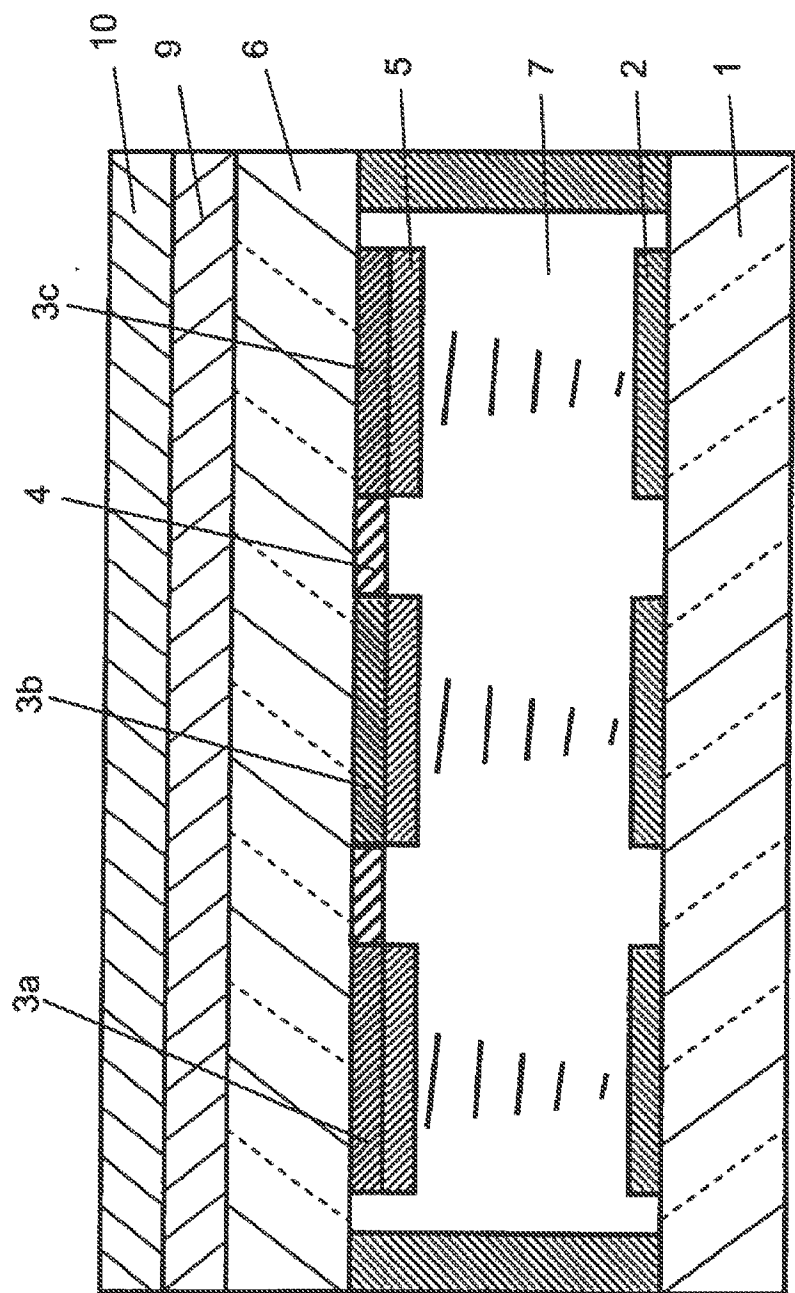


图 9